PERGUNTAS E RESPOSTAS
SOBRE
EXTRUSÃO TERMOPLÁSTICA DE ALIMENTOS

UMA ABORDAGEM SIMPLIFICADA

JOSÉ LUIS RAMIREZ ASCHERI

Ano 2022

PERGUNTAS E RESPOSTAS SOBRE EXTRUSÃO TERMOPLÁSTICA DE ALIMENTOS

UMA ABORDAGEM SIMPLIFICADA

JOSÉ LUIS RAMIREZ ASCHERI

Ano 2022

Editora chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Editora executiva
Natalia Oliveira
Assistente editorial
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto gráfico
Camila Alves de Cremo
Daphynny Pamplona
Gabriel Motomu Teshima
Luiza Alves Batista
Natália Sandrini de Azevedo
Imagens da capa
Dos autores
Edição de arte
Luiza Alves Batista

Perguntas e respostas sobre extrusão termoplástica de alimentos - Uma abordagem simplificada

Diagramação: Natália Sandrini de Azevedo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: O autor
Autor: José Luis Ramirez Ascheri

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A813 Ascheri, José Luis Ramirez
Perguntas e respostas sobre extrusão termoplástica de alimentos - Uma abordagem simplificada / José Luis Ramirez Ascheri. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-824-0
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.240221301

1. Preservação e conservação de alimentos. 2. Extrusão termoplástica. 3. Extrusoras. 4. Equipamentos. 5. Matéria prima. I. Ascheri, José Luis Ramirez. II. Título.

CDD 641.4

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

Ano 2022

DECLARAÇÃO DO AUTOR

O autor desta obra: 1. Atesta não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declara que participou ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão; 3. Certifica que o texto publicado está completamente isento de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirma a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhece ter informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autoriza a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access, desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce,* ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

PREFÁCIO

Durante a minha atividade professional, como pesquisador na área de extrusão de alimentos tenho atendido um grande número de clientes externos durante mais de 30 anos de atividade nesta área. Justamente para atender, com as principais respostas, às principais dúvidas de grande parte dessas clientes é que surgiu a ideia de publicar este pequeno tratado, com a intenção de esclarecer na medida do possível, de forma simplificada, para seu melhor entendimento. Grande parte desses empreendedores escutaram falar sobre o tema de extrusão, e desejam produzir algum tipo de produto, porém no momento de consultar o fabricante se encontram com que há uma diversidade muito grandes de equipamentos disponíveis no mercado, muitos deles com orçamentos elevados. Surge então a questão de definir qual deles seria o mais apropriado, ou até mesmo se seria viável a produção de determinado produto.

Por outro lado, determinado produtor agroindustrial percebe que possui grandes volumes de coproduto resultante de uma determinada manufatura, e que acredita seria interessante agregar valor por extrusão. Certamente, diferentes coprodutos podem ser aproveitados, porém, nem tudo material tem condições de passar pelo sistema de extrusão, ou nem tudo o que está disponível seria viável.

As características das matérias primas a serem processadas também podem direcionar ao tipo de equipamento que deve ser considerado, isto é, uma extrusora pode ser muito útil para um determinado produto e sem grande efeito para outros tipos de materiais. Isto, está relacionado com a configuração do sistema de extrusão.

Nesse sentido, o objetivo deste livro é tentar responder na medida do possível, de forma simples, ao empreendedor, ou a interessados na técnica, das principais dúvidas relacionadas à tecnologia de extrusão. Espera-se que, com esta leitura, o leitor tenha compreendido as diferentes nuances apresentadas, os caminhos para diferenciar os equipamentos, parâmetros e seus produtos, visto que a tecnologia de extrusão é uma das mais versáteis na produção de alimentos tanto para consumo humano ou animal.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO

A extrusão termoplástica é processo tecnológico de pré-cocção ou cocção de diversas matérias primas derivadas de cereais, grãos como leguminosas, pulses, amidos de diversas fontes, coprodutos agroindustriais, etc. A matéria prima previamente preparada segundo necessidade de tamanho de partícula, acondicionada com a quantidade de água suficiente para provocar o grau de cozimento esperado, ao passar por um parafuso de configuração definida inserido num canhão ou barril com suficiente temperatura nas suas zonas de aquecimento, de forma a modificar suas características provocadas pelo calor e cisalhamento produzido no interior do canhão de forma a ganhar novas características organolépticas, como textura, sabor, odor e propriedades nutricionais e funcionais. Muitos alimentos disponíveis no comércio são elaborados por este processo: snacks, cereais matinais, farinha pré-cozidas ou instantâneas, biscoitos, entre outros alimentos para o consumo humano. Por outro lado, na pecuária utiliza-se uma larga variedade de rações para diferentes espécies bem como das suas etapas de crescimento segundo as necessidades nutricionais, da mesma forma para animais de estimação (*pet food*), alimentos de diversos tipos segundo requerimentos em cada caso. Um outro setor de altos valores de produção é a aquicultura, com entrega de rações para diferentes espécies e graus de crescimento, o que em conjunto envolvem grandes faturamentos para esses setores.

Nesse sentido, surgem empreendedores das diferentes áreas como o desejo de utilizar esta tecnologia com os recursos disponíveis, de forma a agregar valor e consequente melhoria da renda. Devido à existência de uma grande variedade de extrusoras, desde as mais simples e as mais complexas, com simples ou duplo parafuso e diferentes acessórios, o empreendedor necessitará avaliar qual é o mais apropriado tanto do ponto de vista econômico como do tecnológico. Uma decisão que precisa ser estudada de forma a garantir o investimento e o sucesso com a produtividade da linha de produção.

Pelas razões descritas, surgiu este pequeno livro de perguntas e respostas para aqueles que desejam preliminarmente conhecer as circunstâncias que evolvem o processo de extrusão termoplástica.

COMO SE DEFINE A EXTRUSÃO?

Existem as várias definições para extrusão de alimentos, uma delas é: Extrusão é um processo de tratamento térmico do tipo H.T.S.T. (*high temperature short time*), isto é, alta temperatura, curto tempo, que por uma combinação de calor, umidade e trabalho mecânico, modifica profundamente as matérias-primas, proporcionando novos formatos e estruturas com diferentes características funcionais e nutricionais.

QUAIS SÃO AS PRINCIPAIS APLICAÇÕES DO PROCESSO DE EXTRUSÃO?

A eficiência na produção contínua, combinado com a capacidade de produzir formatos que não são facilmente realizados com outros métodos de produção, levaram ao uso extensivo da extrusão na indústria de alimentos. Uma indicação de algumas aplicações é mostrada na Tabela 1

Tabela 1. Principais aplicações do processo de extrusão

Para consumo humano	
Pão ralado (farinha de rosca)	Degerminação de especiarias
Encapsulamento de sabor	
Decristalização anidra de açúcares para fazer doces	Liquefação enzimática de amido para fermentação em etanol
Concha de chocolate para massas de cozimento rápido	Tratamento de sementes oleaginosas para posterior extração de óleo
Malte e amido pré-tratados para fermentação	Confeitaria de gel de gelatina
Estabilização do farelo de arroz	Gelificação de proteínas vegetais
Preparação de massas pré-cozidas	Preparação de alimentos para bebés esterilizados
Destruição de parcial aflatoxinas no farelo de amendoim ou gossipol no farelo de algodão	Preparação de alimentos esterilizados para bebés (Mingaus e papinhas)
Caramelos, alcaçuz, goma de mascar	Eliminação do inibidor de tripsina da soja no uso de rações
Petiscos de milho, arroz, sorgo e batata, etc.	Produção de texturizados de pulses
Snacks coextrudados com recheios internos	Farinhas pré-cozidas de cereais, pseudocereais, grãos em geral e tuberosas
Reestruturação da carne picada	Pão estaladiço, biscoitos, bolachas
pudins de arroz instantâneo	Modificação de amidos por extrusão reativa
Para consumo animal	
Rações para *pet food* (cães, gatos, etc.)	Rações para pecuária (aves, suínos, gado de leite e corte, caprinos, ovinos, etc.)
Rações para aquicultura	Rações para cavalos
Para uso industrial	
Amidos pré-gelatinizados para indústria têxtil	Amidos pré-gelatinizados para indústria de mineração
Amidos pré-gelatinizados para indústria de extração de petróleo	Fabricação Materiais bioplásticos para e embalagens utensílios (talheres feitos de materiais amiláceos)
Fabricação de papel moeda	Fabricação de material de embalagem biodegradável (substituição do isopor)

Fonte: Adaptado de James G. Brennan 2006.

QUE OCORRE COM OS MATERIAIS INTRODUZIDOS NA EXTRUSÃO?

Durante a extrusão ocorre um grande número de funções entre as quais podemos citar: transporte, moagem, hidratação, cisalhamento, homogeneização, mistura, compressão, eliminação de gases, tratamento térmico, gelatinização de amidos, desnaturalização de proteínas, destruição parcial ou total de microrganismos e compostos tóxicos, compactação, aglomeração, bombeamento, fusão parcial e plastificação da mistura, orientação de moléculas ou agregados, moldagem, expansão, formação de poros ou estruturas fibrilares, secagem parcial, etc.

QUAIS SÃO AS PARTES DE UM SISTEMA DE EXTRUSÃO?

Na figura 1, pode ser visualizado um típico esquema de um sistema de extrusão.

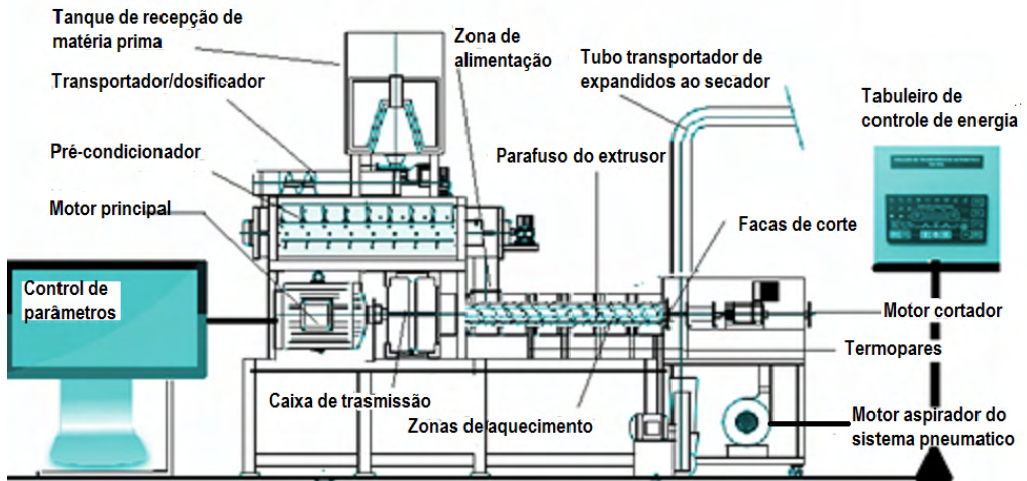



Figura 1.- Esquema de um típico sistema de extrusão.

A continuação uma breve descrição das diferentes partes do sistema de extrusão.

1. Moega de recepção de matéria prima. -

Sistemas de transporte pneumático ou por gravidade despejam matéria prima num tanque, na qual, em geral, possuem sistema giratório cônico para melhorar a homogeneização das partículas e prover uma alimentação regular até um parafuso transportador de velocidade regulável. Daqui o material é alimentado ao pré-condicionador. A fim de transportar a matéria-prima seca para o barril da extrusora, alimentadores volumétricos (Fig. 2) e gravimétricos (fig. 3) são geralmente utilizados. Os dispositivos volumétricos possuem simples e duplo parafuso, que transportam o material, também há alimentadores vibratórios e alimentadores de correia. Em todos esses mecanismos de alimentação, presume-se que a densidade do material de alimentação permanece constante ao longo do tempo e, portanto, um constante volume de alimentação resultará em uma taxa de fluxo de massa constante. Alimentadores gravimétricos são mais caros e mais complexos do que os alimentadores volumétricos. Geralmente são controlados por microprocessador para monitorar a taxa de fluxo de massa e ajustar o alimentador velocidade conforme necessário.

Figura 2- Alimentador volumétrico da Brabender®

Fonte: https://www.directindustry.com/pt/prod/brabender-technologie-gmbh-co-kg/product-14639-1892079.html

Figura 3- Alimentador volumétrico e gravimétrico da Schenck-process®.

Fonte: https://www.directindustry.com/pt/prod/schenck-process-holding-gmbh/product-14361-1945549.html

2.Pré-condiconador

Equipamento na qual a matéria prima é acondicionada com a quantidade de água requerida para o processamento. Estes pré-condiconadores são cilindros horizontais fechados, contendo um ou dois eixos, providos de paletas ajustáveis – estas permitem a variação do ângulo de inclinação para aumentar ou diminuir o tempo de permanência do produto dentro do condicionador, permitindo o melhor controle do processo- por outro lado, os eixos giram com controle de velocidade regulável seja no sentido horário ou anti-horário, de forma a homogeneizar o material com água seja na forma de vapor ou água líquida ou inclusive ambas. O tempo de residência do material dentro do pré-condicionador deverá ser o ideal, de forma a garantir a homogeneidade da mistura e suficiente distribuição da água adicionada nas partículas do material e consequente efeito positivo durante a cocção na extrusão. Existem no mercado diferentes tipos de pré-condicionador desde a mais simples hasta os de alta performance, segundo as necessidades do processo e produto final desejado. Os pré-condicionadores estão sujeitos a diferentes fatores que podem melhorar ou diminuir o seu desempenho, tais como, tamanho, formato e densidade das matérias primas; sequência e vazão dos ingredientes adicionados; configuração dos batedores; formato do pré-condicionador; formato e inclinação das paletas; velocidade do eixo ou eixos, seja no diferencial de velocidade no sentido horário ou anti-horário dos mesmos; tempo de retenção e distribuição; distribuição de energia; desgaste dos componentes; vazão (taxa de alimentação), segundo as configurações dos modelos na qual foram desenhados.

Segundo a velocidade de rotação do pré-condicionador poderá melhorar a eficiência da mistura: Com o aumento de velocidade, melhora a mistura dos ingredientes com a água ou vapor de condicionamento; por outro lado, com o aumento da velocidade diferencial entre os misturadores, melhora sensivelmente a mistura e hidratação; da mesma forma, o aumento da mistura diminui formação de aglomerados (pelotas); em contraste, a redução de velocidade aumenta o tempo de retenção Nas figuras 4 e 5 podem ser visualizados os elementos depré-condicinadores.

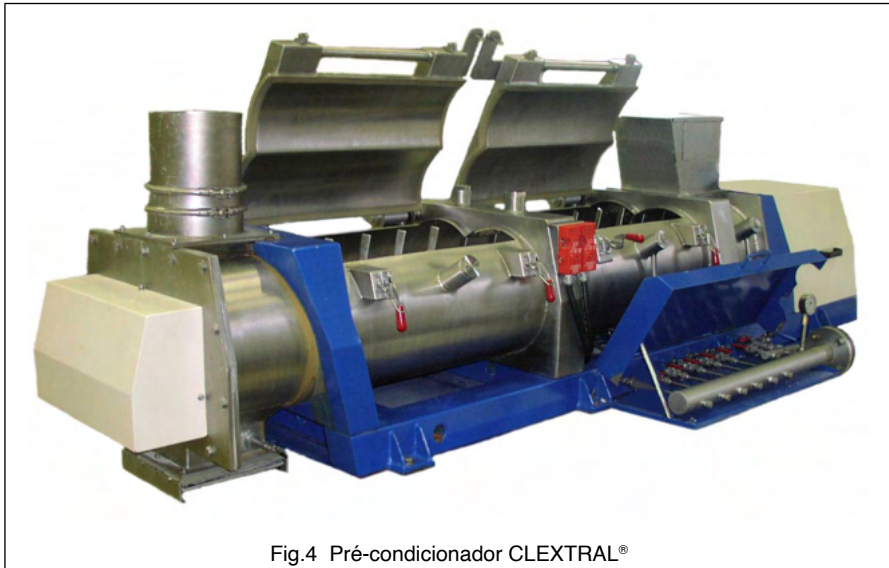



Fig.4 Pré-condicionador CLEXTRAL®

Fig. 5. Parte interna do pré-condicionador CLEXTRAL®
mostrando as paletas e eixos de mistura.

Fonte: https://www.clextral.com/technologies-and-lines/equipment/the-preconditioner/

Modelos de pré-condicionadores: Cilíndrico de eixo único (SC); Cilíndrico com dois eixos (DC); Cilíndrico com dois diâmetros (DDC); Pré-condicionador de alta intensidade de mistura (HIP); Pré-condicionador de alto cisalhamento (HSC).

Segundo a patente de número PI 0710500-2 A2, dos inventores Lavon Wenger, Marc Wenger e Galen J. Rokey, publicada em 2012, trata do aperfeiçoamento do pré-condicionador tendo dois eixos de alta velocidade acionados de forma independente. Preferivelmente, o diferencial de velocidade entre os eixos é pelo menos cerca de 5:1. Os mecanismos são acoplados operacionalmente a um dispositivo de controle digital para permitir controle de velocidade e direção de rotação. O pré-condicionador é suportado por células de carga também acoplada ao dispositivo de controle para permitir mudanças ponto a ponto no tempo de retenção de material dentro do pré-condicionador. Sendo particularmente útil para o pré-condicionamento e gelatinização parcial das formulações amiláceas podendo alcançar cerca de 50% de cozimento durante o precondicionamento.

3. Parafusos da extrusora, simples a dupla rosca

A função do parafuso ou parafusos da extrusora, consiste em primeira etapa de transportar, fundir e homogeneizar a matéria prima através de movimento rotativo. Devido

às propriedades intrínsecas de cada matéria prima e/ou formulações, tais como: dureza superficial dos grânulos, temperatura de fusão, coeficiente de cisalhamento, viscosidade do material fundido, e outras, faz-se necessário desenvolver diferentes construções de rosca para cada conseguir melhores condições de cocção. Na prática, porém, por questões de custo, tanto para extrusoras mono e dupla rosca, o que se nota são roscas padrões que procuram atender grupos de materiais com comportamento reológicos parecidos. Geometricamente ela é dividida em três zonas distintas (Fig. 6): Zona de Alimentação, tem como função transportar a matéria prima para a zona de compressão. Nesta zona, em geral o passo é maior ou o núcleo da rosca tem o menor diâmetro, se mantendo constante. Esta parte da rosca deve assegurar uma pressão de alimentação e pré-aquecer o material. (b) Zona de Compressão, é a zona onde se inicia a pré-cocção, devido à diminuição da distância entre os passos ou ao aumento constante do núcleo da rosca, que irá comprimir e cisalhar o material.

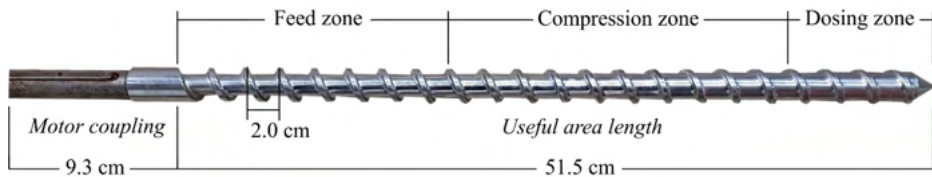



Fig. 6. Parafuso inteiriço de Extrusora Brabender® taxa de compressão 3:1

Fonte: https://www.brabender.com/en/food/products/extruder/single-screw-extruder/single-screw-extruder-test-extrusion-properties-of-various-materials/

A diminuição do volume disponível entre os filetes da rosca, além de fornecer compressão e auxiliar a pré-cocção, tende a homogeneizar a massa que inicia a transformação do material, eliminando o ar inicialmente transformando o amido e/ou material proteáceo na etapa de pré-fusão. (c) Zona de Dosagem, nesta zona os parafusos possuem filetes com menor profundidade, isto porque o diâmetro do núcleo da rosca vem crescendo atingindo aqui sua maior dimensão e permanecendo constante. É na zona de dosagem que se completa a cocção, e se faz a homogeneização máxima, definindo também o bombeamento da massa fundida para a saída na matriz.

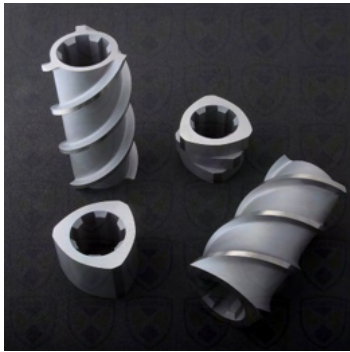
Em parafusos de extrusoras (Fig. 7) com a mesma profundidade, o que muda é a distância entre os filetes, sendo muito menores na zona de dosagem. Outra forma de provocar e/ou melhorar a taxa de cisalhamento é colocar elementos de posição reversa, ou elementos que tenham corte horizontal dos filetes, em cada caso estes elementos desempenha um papel de melhorar a fusão e/ou cocção do material.

Elementos de Sistema de extrusão com a mesma profundidade, baixa taxa de cisalhamento e diferentes restritores de fluxo	Elementos restritores (ou de posição reversa) de fluxo e de alta taxa de cisalhamento	Elementos normalmente utilizados na montagem da zona de alimentação, com passos de baixa taxa de cisalhamento

Figura 7. Elementos de parafusos com diferentes configurações

Fonte: https://www.promaxx.com.cn/Screw_element.html?gclid=Cj0KCQjwpdqDBhCSARIsAEUJ0hP_7Ckfr6aPNredq-e4A6noBYVlqM49dkcnptIQww3Pxl1GO2bg46gaAiwBEALw_wcB

O QUE É CONFIGURAÇÃO DO PARAFUSO DA EXTRUSORA?

Existem uma grande variedade de formatos na fabricação de parafusos para extrusora, uns são inteiriços, isto é, de uma só peça de aço-liga específica, na qual foi usinado. A maior parte de equipamentos de rosca única são fabricados para produtos de expansão direta– em geral para fabricar salgadinhos de milho– são parafusos inteiriços de alta taxa de cisalhamento, como mostrado na Figura 8 abaixo.

Figura 8.- Parafuso inteiriço de alta taxa de cisalhamento extrusora de canhão curto, normalmente utilizado na extrusão de grits de milho.

Por outro lado, extrusoras com maior performance possuem elementos intercambiáveis, como mostrado na figura elaborada pela WENGER®, o parafuso possui um eixo central, na qual são encaixados os diferentes elementos que formam parte do parafuso. Tanto para extrusoras de duplo parafuso (Fig. 9) ou simples (Fig. 10).

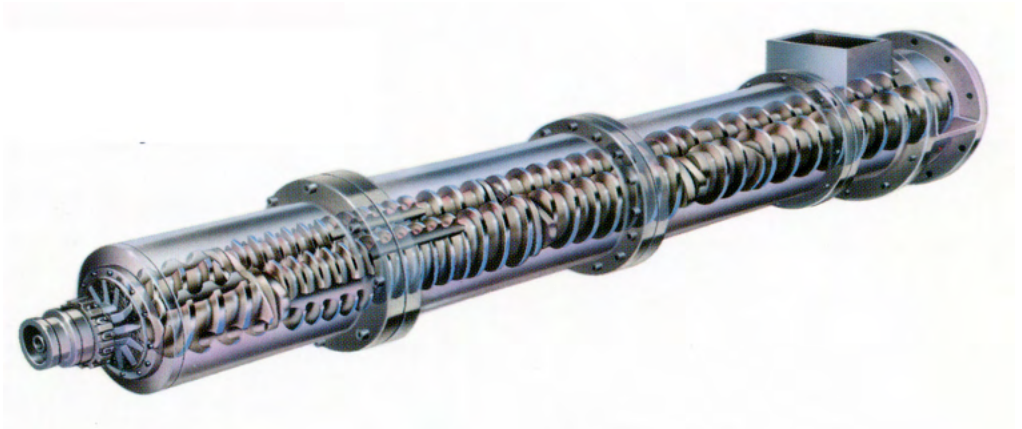



Figura 9. Esquema de um sistema de extrusão de duplo parafuso com três secções e seção de alimentação da Wenger® Manufacturing, Inc.

Fonte: Curso de Extrusão *FPR&D* center and Wenger Manufacturing, Inc.

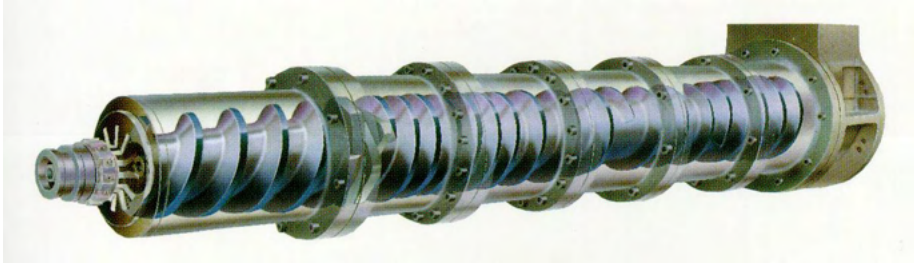



Figura 10. Esquema de um sistema de extrusão de parafuso simples com seis secções

Fonte: Curso de Extrusão *FPR&D* center and Wenger Manufacturing, Inc.

Segundo seja a configuração no encaixe dos elementos, a extrusora poderá estar preparada para baixo, médio ou alta taxa de cisalhamento.

Na figura 11 estão apresentada um elementos seccional de barril de extrusoara de duplo parafuso.

Figura 11. Elemento seccional de um sistema de barril ou também denominados elementos encamisados de extrusora de duplo parafuso.

Fonte: Wenger® Manufacturing Co.

Na figura 12 são mostrados diferentes elementos de um sistema extrusão da BRABENDER® de duplo parafuso.

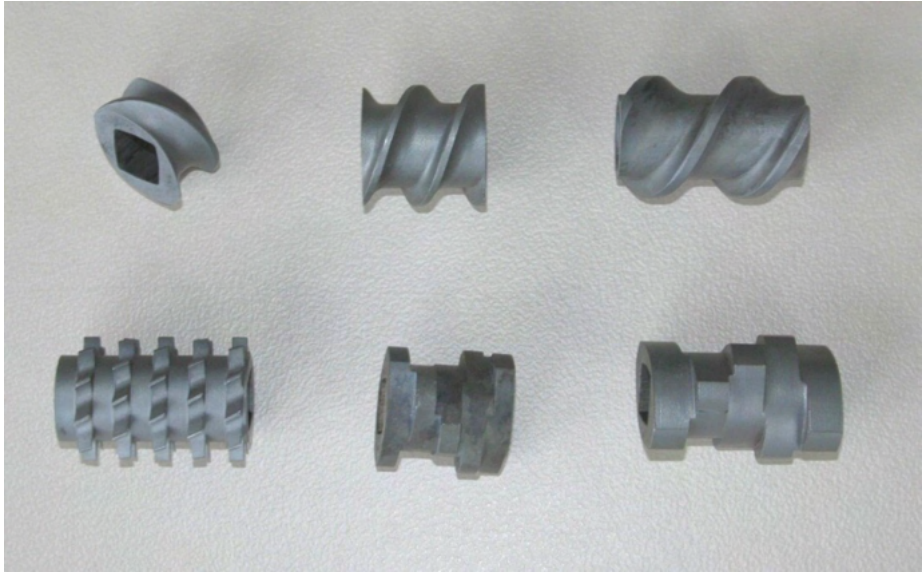



Figura 12. Elementos seccionais que conformam um parafuso de um sistema de extrusão de duplo parafuso.

Fonte: Brabender® GmbH & Co.

Na figura 13 são mostrados os diferentes já ensamblados, contendo elementos de hélices diferentes, incluindo um de contrafluxo (a), ou de hélices cortadas (b) para promover melhor mistura do material.

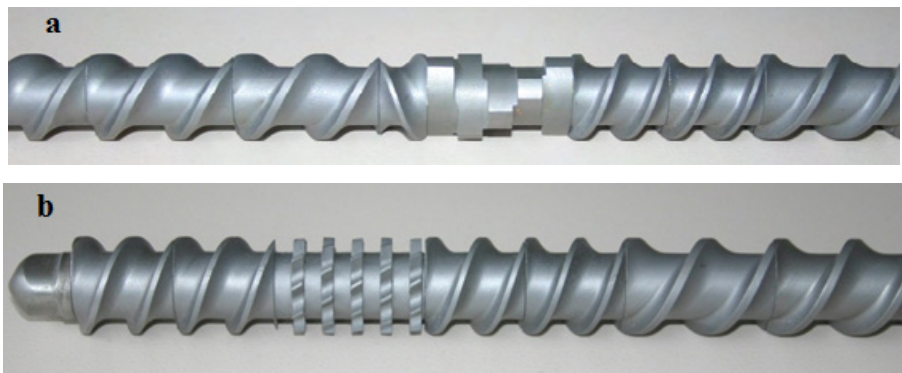



Figura 13. Elementos ensamblados de uma extrusora de duplo parafuso

Fonte: Brabender® GmbH & Co.

4.Sistemas de extrusão

Existe uma grande variedade de tipos de extrusoras para processamento de

alimentos, seja para consumo humano ou para fabricação de rações. Nestes últimos anos, houve uma significativa evolução na modernização dos equipamentos disponibilizados ao mercado industrial, facilitando a produção de novos alimentos com matérias primas cada vez mais complexas e produtos finais inovadores.

Um sistema de extrusão é basicamente composto de um barril inteiriço ou unidos por módulos formando seções segundo a longitude prevista no projeto da extrusora. As características do barril poderão se diferenciar de acordo as nuances previstas. Uns estão providos de camisas, de forma que possa ser inserido vapor ou óleo quente para o aquecimento. Da mesma forma, segundo o projeto, as seções encamisadas podem ter um sistema helicoidal, seja no sentido horário ou anti-horário ao giro do parafuso. Desta forma provocando atrito adicional à força da extrusão. Também existem extrusora que possuem sistemas de injeção direta de vapor ou água no barril, dessa forma haverá diferenciações do grau de cozimento, segundo o manejo dos parâmetros de extrusão.

O parafuso, ou parafusos, segundo a extrusora seja construída, implica em um dos mais importantes elementos do sistema de extrusão. Segundo seja o formato, isto é, inteiriço, ou formado por elementos intercambiáveis, de tamanho curto, médio ou longo, o desempenho da mesma será de acordo com as finalidades atribuídas.

Por exemplo uma extrusora de duplo parafuso, com elementos intercambiáveis, poderá trabalhar em condições de baixa, média ou alta taxa de cisalhamento. Dessa forma poderão ser_desenvolvidos produtos de alta expansão como também produtos intermediários, ou peletes, sem expansão, más com um grau de cozimento adequado ao produto. Extrusoras utilizadas em pesquisas, possuem sistemas de controle de temperatura nas diferentes secciones do barril da extrusora, conseguindo-se graus de cozimento adequados, segundo a necessidade da formulação utilizada. Da mesma forma podem ser adicionados acessórios que permitem processo diferenciado como é o caso da coextrusão e/ou aplicação de CO_2 supercrítico entre outros acessórios como aqueles para fibrilação/ texturização do material.

Por outro lado, existem extrusoras de parafuso curto único, geralmente produzidos para fabricação de derivados de milho, principalmente grits, utilizados para expandidos, snacks. Estes equipamentos podem ser mais limitados. Grande maioria desses equipamentos possuem velocidade do parafuso fixo, isto é, não tem um sistema de regulagem de velocidade, que pode ser melhorado com a incorporação de um variador de frequência, permitindo o controle de velocidade do parafuso. Nestas extrusora a temperatura de canhão pode ser com ou sem resistência elétrica, em geral sem camisa para recirculação de água de resfriamento, o que dificulta o controle do aquecimento no canhão. Os que possuem sistema de resfriamento, é feito apenas através de circulação de água corrente. Porém, extrusoras de maior performance possuem sistema de refrigeração com circulação de água gelada nas diferentes zonas do canhão da extrusora, controlado

por um Chiller[1], de forma a promover maior eficácia na distribuição do calor necessário para cada zona do sistema de extrusão. Nestes sistemas, cada zona, é encamisada, isto é, permite a passagem de água gelada, controlado pela ação de válvulas de solenoides, previamente ajustadas quando da determinação do perfil de temperatura a ser utilizado em determinado processo.

1. Os Chillers são, basicamente, resfriadores de água. A água gelada produzida por eles é utilizada com o objetivo de arrefecer o ar, produtos ou equipamentos conforme necessidade. Os chillers, que tem a potência medida em toneladas de refrigeração (TR), são capazes de trabalhar com uma grande variação de temperatura, podendo até ser negativa quando utilizados aditivos.

É POSSÍVEL UTILIZAR UMA MESMA MÁQUINA EXTRUSORA PARA PRODUZIR ALIMENTOS DIVERSOS?

Sim, desde que a máquina extrusora tenha os recursos e acessórios suficientes para conseguir diferentes configurações. Preferencialmente se o equipamento for de dupla rosca co-rotativa com possibilidade de intercambio de elementos a fim de determinar a taxa de cisalhamento necessário. Máquinas de esse tipo normalmente são utilizadas para o desenvolvimento de produtos, pois possuem os acessórios necessários para as variações que o novo produto requer. Tudo está relacionado às necessidades do produtor. Se há volumes elevados de produção, trabalhando por exemplo de três turnos, de um determinado produto, neste caso o equipamento estará configurado apenas para essa condição fabril, por tanto o fato da extrusora ter configurações intercambiáveis diversas não teria utilidade. Por outro lado, com a possibilidade de configurações diferenciadas no sistema de extrusão, pode-se justificar, para específicos casos, volumes de produção de alto valor agregado, a qual justifica a montagem e desmontagem e consequentes paradas para esta finalidade. Daí a importância do dimensionamento dos equipamentos em função da produção desejada. Parte deste problema, pode ser solucionado com a compra de parafusos adicionais com a configurações específicas para determinados produtos, dessa forma, a troca do mesmo podem ser mais aceleradas.

São considerados vários parâmetros de processamento por extrusão, estes podem ser classificados em três categorias: (a) parâmetros independentes ou parâmetros de entrada, tais como propriedades da matéria prima, parâmetros de operação, tais como taxa de alimentação, velocidade e configuração do(s) parafuso, tipo, dimensões da matriz, perfil de temperaturas das diferentes zonas do canhão, etc. (b) parâmetros do sistema ou parâmetros dependentes, tempos de residência, energia mecânica específica, torque do motor, pressão do sistema , viscosidade de fusão, e (c) propriedades do produto ou parâmetros de saída, tais como propriedades físicas (expansão, densidade) e químicas (perfil de aminoácidos, teor de lipídios, etc.) , propriedades sensoriais (textura, crocância), etc.

QUE TIPOS DE MATÉRIA PRIMA SÃO SUSCEPTÍVEIS DE USO POR EXTRUSÃO?

Uma das vantagens do sistema de extrusão está relacionado com a possibilidade de uso de grande número de matérias primas. Dentre das de origem vegetal: todos os tipos de grãos e cereais, pseudocereais (quinoa, amaranto, kiwicha, etc.) disponíveis, e suas versões de farinhas integrais ou não, e seus respectivos amidos. Derivados amiláceos de raízes e tubérculos (batata, mandioca, taro, inhame, etc.), coprodutos (coprodutos da extração de oleaginosas como torta de soja, lupinus ou feijão tremoço), farelos de milho, trigo, arroz, bagaços resultantes da extração de sucos de frutas, etc.) entre outros, resultantes da agroindústria, estes segundo o tipo de produto final deverão ser submetidos a desidratação e/ou estabilização enzimática para melhores condições de higiene/ sanitização e preservação para futuras aplicações. Da origem animal: carne, farinha de carne e osso, farinha de crustáceos, farinha de insetos, etc.

DE QUE FORMA INFLUENCIAM AS MATÉRIAS PRIMAS NA QUALIDADE DOS PRODUTOS?

Certamente cada ingrediente, isolado ou em conjunto, numa formulação terá suas diferenciações típicas inerentes, gerando um grau de cocção, textura e propriedades sensoriais, relacionados à essa composição. Isto é, as proporções de proteína, carboidratos, lipídios, fibras totais, solúveis e insolúveis, entre outros componentes secundários, que darão a produto final sua propriedade sensorial única. O desenvolvedor de produtos alimentícios, seja de consumo humano ou para rações, que consegue gerenciar a proporcionalidade dos ingredientes das diferentes fontes, terá então grandes resultados de aceitabilidade do consumidor.

O valor nutricional de uma matéria prima não se limita a sua composição química (valores de proteína, energia, fibras e minerais). Há matérias primas de maior ou menor digestibilidade (maior ou menor facilidade de quebra de seus constituintes) e ainda presença de compostos antinutricionais (compostos presentes naturalmente nos alimentos que dificultarão sua digestibilidade, por exemplo os taninos nos grãos de algumas variedades de sorgo, gosipol no farelo de algodão, o inibidor de tripsina na soja, etc.). Essa relativa digestibilidade de cada matéria prima pode variar ainda de acordo com a espécie do animal (por exemplo, o sistema digestivo das aves é diferente do sistema digestivo do gado). Os fatores antinutricionais propriamente ditos são substâncias, que mesmo em estado vestigial, reduzem ou impedem totalmente a utilização pelo animal de um elemento nutritivo (tanto no nível digestivos, como no nível metabólico). Fatores antinutricionais mais conhecidos: antivitaminas, ácidos orgânicos queladores de cátions minerais, antienzimas (como a antitripsina da soja), taninos condensados (presentes nos grãos de sorgo), as lectinas, as saponinas (quinoa), segundo descrito por Marcos Duarte: https://www.infoescola.com/zootecnia/materias-primas-da-nutricao-animal/.

Considerando o caso de processar grits de milho para obtenção de expandidos ou salgadinhos, este grits geralmente obedece a um padrão de qualidade, procedente de uma variedade de grãos do tipo duro ou semiduro, característica fundamental para exercer durante a extrusão aquele efeito resultante de crocância e formação de poros, portanto a textura esperada.

Por outro lado, na elaboração de rações há interesse de entregar um alimento o mais completo possível do ponto de vista nutricional. Isto é, o balanço adequado de proteínas, carboidratos, lipídios, minerais, vitaminas, bioativos, atractantes entre outros. Nesse sentido, existe uma demanda importante por formulações e ingredientes de alta qualidade. Porém, um aspecto fundamental está relacionado com o custo dos ingredientes, principalmente com as fontes proteicas. Um exemplo particular, pode ser colocado na formulação de rações para peixes, em países na qual a farinha e óleo de peixe de alta qualidade são de alto preço, procura-se substituir com proteínas de fontes vegetais como farelo de soja como

principal ingrediente proteico, nestas condições os outros ingredientes adicionados como fontes de carboidratos, deverão ter propriedades que facilitem a liga dos peletes elaborados. Além da qualidade nutricional deverá ser considerado várias propriedades físicas como requerimentos de qualidade dos peletes, tais como textura, densidade, tamanho, etc. Altos teores de fibra podem ser causadores de produtos quebradiços prejudicando a qualidade física, flutuabilidade, integridade no tempo adequado na água, entre outros fatores. A quantidade de amido presente na formulação pode melhorar as características de ligação/coesão dos ingredientes, poderá formar complexos amido-lipídio-proteína, que além disso poderá também aumentar a susceptibilidade à hidrólise enzimática.

Nesse sentido, as proteínas derivadas de fontes vegetais como soja, legumes, glúten de trigo, glúten de milho entre outros cereais, possuem boas propriedades funcionais, na formação de estruturas coesas. Estas têm baixo custo com adequado perfil de aminoácidos. Dentre as fontes proteicas de origem animal, como carne, peixe, frango, farinha de sangue, gelatina, farinha de carne e ossos, estas não proporcionam uma adequada propriedade funcional estrutural, evidentemente, o custo destes ingredientes é maior e proporciona um ótimo perfil de aminoácidos.

A GRANULOMETRIA E/OU TAMANHO DE PARTÍCULA TÊM INFLUÊNCIA NA QUALIDADE FINAL DO PRODUTO?

Dependendo do produto final desejado, o tamanho e homogeneidade das partículas entrando no sistema de extrusão tem significativa importância. Considerando, por exemplo, uma extrusora de canhão curto, preparada para expansão de produtos derivados de grits de milho, o tamanho de partícula ou a sua distribuição entre estas terá significativa importância, pois desta dependerá a textura, formação de poros do produto expandido. Para este caso do exemplo, as empresas fabricantes de grits tem disponibilizado para a comercialização diferentes tipos de grits.

Nas tabelas 2, 3 e 4, a seguir, são apresentadas as variações granulométricas de três produtos comercializados para fabricantes de snacks (salgadinhos de milho): SnackMix 400, SnackMix 300 e SnackMix 200, (Empresa: milhão-indústria alimentícia, S.A.)

Tabela 2. Características granulométricas e físico-químicas dos grits SnackMix 400 da milhão indústria alimentícia.

Granulometria	SnackMix 400 / Grits de Milho	
% Retenção nas peneiras (ABNT):		Padrão
	14 (1,410 mm)	Máx 15,0
	16 (1,180 mm)	Máx. 40,0
	20 (0,850 mm)	Máx. 40,0
	25 (0,710 mm)	Máx. 10,0
	Fundo	Máx. 1,0
Umidade		Máx. 13,0 %
Óleo		Máx. 0,8 %
Acidez (ml sol. 1N de NaOH/100g)		Máx. 3,0 %
GMO		Ausente
Desoxinivalenol		Máx. 750 ppb
Fumonisinas (B1 e B2)		Máx. 1000 ppb
Zearalenona		Máx. 150 ppb
Ocratoxina A		Máx. 10 ppb
Aflatoxina (B e G)		Máx. 20 ppb

Tabela 3. Características granulométricas e físico-químicas dos grits SnackMix 300 da milhão indústria alimentícia.

Granulometria	SnackMix 300 / Grits de Milho	
% Retenção nas peneiras (ABNT):		Padrão
	16 (1,18 mm)	Máx 1,0
	20 (0,850 mm)	Mín. 60,0
	25 (0,710 mm)	Máx. 30,0
	40 (0,425 mm)	Máx. 10,0
	Fundo	Máx. 2,0
Umidade		Máx. 13,0 %
Óleo		Máx. 0,8 %
Acidez (ml sol. 1N de NaOH/100g)		Máx. 3,0 %
Peso específico		650 a 750g /L
GMO		Ausente
Aflatoxina		Ausente

Tabela 4. Características granulométricas e físico-químicas dos grits SnackMix 200 da milhão indústria alimentícia.

Granulometria	SnackMix 200 / Grits de Milho	
% Retenção nas peneiras (ABNT):		Padrão
	20 (0,850 mm)	Máx 2,0
	25 (0,710 mm)	20,0 - 40,0
	40 (0,425 mm)	Mín 50,0
	50 (0,300 mm)	Máx. 10,0
	Fundo	Máx. 3,0
Umidade		Máx. 13,5 %
Óleo		Máx. 0,8 %
Acidez (ml sol. 1N de NaOH/100g)		Máx. 3,0 %
GMO		Ausente
Desoxinivalenol		Máx. 750 ppb
Fumonisinas (B1, B2)		Máx. 1000 ppb
Zearalenona		Máx. 150 ppb
Ocratoxina A		Máx. 10 ppb
Aflatoxina (B e G)		Máx. 20 ppb

Fonte: https://milhao.net/industria-alimenticia/grits-de-milho-snack200/

Dependendo da configuração do parafuso ou dos parafusos.

QUAIS SÃO OS PRINCIPAIS PARÂMETROS DO PROCESSO DE EXTRUSÃO?

Dentre os principais parâmetros temos: umidade, temperatura, velocidade do parafuso, diâmetro e tipo de matriz, velocidade de alimentação.

A umidade, na qual foi acondicionada a matéria prima para iniciar o processo, constitui um dos fatores mais importantes para a conversão do material processado no produto final pronto para o consumo. A quantidade de água adicionada, definirá o grau de cisalhamento dentro do sistema de extrusão. Desta forma, se desejamos um produto expandido, por exemplo utilizando grits de milho, a umidade poderá ser entre 14 a 18% aproximadamente, pois poderá variar segundo o tipo de ingrediente colocado bem como da configuração do parafuso ou parafusos. Caso o objetivo seja peletes, ou também chamado de produto intermediário (*half products*), a umidade a ser utilizada poderá variar entre 28 a 32% segundo a qualidade e tipo de farinha a ser utilizado.

O diâmetro e tipo de matriz, são os que restringem e formatam o produto na saída da extrusora. Quanto menor o diâmetro, mais restrita é a saída do produto, (isto evidentemente aumenta a pressão do sistema) o qual deverá estar em concordância com os outros parâmetros (umidade e temperatura principalmente). Existem matrizes muito pequenas como cerca de 1mm de diâmetro, outras poderão ser 2, 4, 6, ou 8 mm, segundo tipo de produto e em concordância com as condições de configuração da extrusora. No preparo de salgadinhos, é importante o formato, neste caso para se atingir a figura correta também deverá ser considerado o adequado ajuste na velocidade da faca de corte do produto na saída da extrusora.

A temperatura é um outro fator importante no processamento por extrusão. Dependendo da extensão do canhão, o perfil de temperaturas deverá ser cuidadosamente controlado, nas suas diferentes zonas disponíveis, para evitar excesso de cozimento e ou até queimar o produto. Consideremos uma extrusora de canhão curto, isto é, com três zonas de aquecimento, para produtos expandidos, neste caso as temperaturas poderão ser de aproximadamente de 90, 100, 140°C; ou 100, 120, 160°C, segundo seja o tipo de matéria prima, a velocidade e configuração do parafuso da extrusora. Caso a extrusora tenha 10 zonas de aquecimento, o perfil de temperatura, para expandidos de cereais poderá ser de aproximadamente: 80, 90, 90, 100, 120, 120, 130, 130, 140 e 140 °C., este perfil obviamente é tentativo, e sujeito a modificações segundo o tipo de matéria prima e/ou formulações que foram introduzidas na extrusora.

Velocidade do(s) parafuso(os), segundo seja a extrusora, de simples o duplo parafuso. Na medida que a velocidade aumenta, maior é a taxa de cisalhamento, consequentemente maior a taxa de conversão do material em grau de cozimento e consequente expansão. Isto acontece até um limite, pois essa velocidade não implica em progressão linear da expansão. Chega um momento em que a determinado valor de velocidade, o material não expande

mais, e ao contrario vai diminuindo. Nestas condições o produto sofre uma degradação muito maior, quebrando estruturas que são responsáveis pela textura, formatação, sabor cor e odor no produto e inclusive prejudicando a qualidade nutricional.

A velocidade de alimentação também tem uma influência na qualidade de expansão de um determinado produto. Na medida que se aumenta poderá haver um aumento de expansão, até um limite que acontece o contrário, diminuindo os níveis de expansão. Isto é devido a que há um valor ideal de taxa de alimentação, que deverá ser ajustado segundo seja a granulometria e o tipo de matéria prima, densidade, peso específico, e/ou formulação a ser inserido na extrusora.

A faca, cortadora dos extrudados, importante acessório que é conectada a um motor de velocidade regulável, pois com a velocidade ajustada poderá cortar os expandidos ou pellets na saída da matriz, na medida certa deixando o tamanho e formato desejado. Na figura 14. pode ser visualizado o mancal de um sistema de corte, contendo diversas lâminas feitas de aço.

Figura 14. – Mancal de um sistema de corte, da marca Ferraz.

Fonte: http://www.ferrazmaquinas.com.br/conteudo/mancal-suporte-facas-extrusora.html

QUE É A MATRIZ?

Uma matriz é uma peça localizada na saída da extrusora com um ou mais aberturas onde o material a ser processado passa através de pressão. O furo, ou furos da matriz é para modelar produtos em diferentes tamanhos e estruturas. Eles podem ser projetados de forma diferente e de acordo com as características do produto a ser processado. A sua abertura determina a pressão da saída do material, assim, quanto mais fechada a matriz, maior a pressão exercida pelo sistema, na figura 15 a, b e c. são apresentados diferentes tipos de matriz.

a) Matrizes de diferentes formatos	b) Matriz laminar de 1mm de abertura.	c) Matrizes múltiplas como mesmo diâmetro

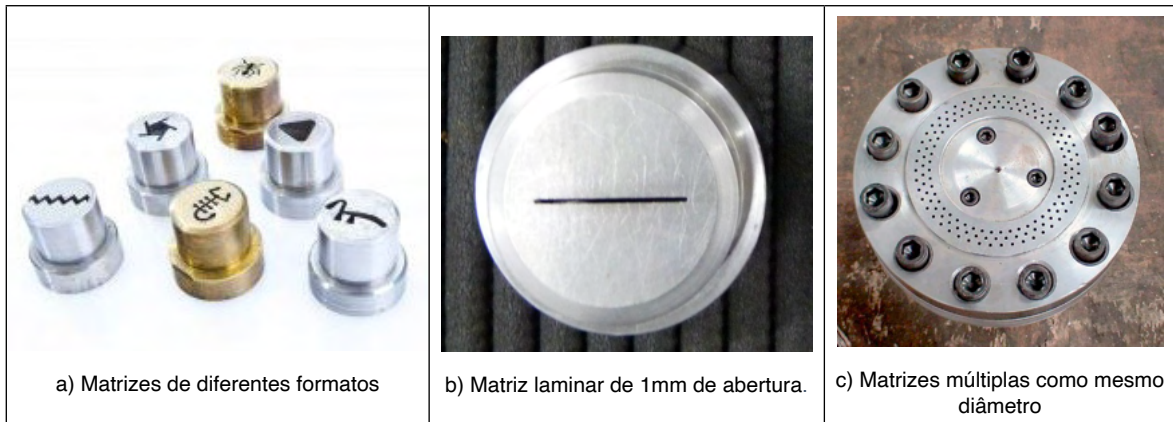



Figura 15. Diferentes tipos de matrizes a) formatos de figuras de animais e objetos; b) matriz laminar, para o produto sair como uma fita; c) matrizes múltiplas como mesmo diâmetro, típico no uso de processamento de pelets.

QUAIS SÃO DIFERENÇAS E/OU VANTAGENS ENTRE UTILIZAR EXTRUSORA DE PARAFUSO SIMPLES E DUPLO PARAFUSO?

Em termos gerais, é importante salientar que cada equipamento, seja extrusora de simples ou de duplo parafuso, podem ser suficientes para um determinado produto a ser fabricado. A questão é quando um determinado produto adicional deseja ser fabricado e que por questões de categoria de matéria prima, produto final não tenham a qualidade esperada, visto que a extrusora pode não estar adequada, ou os custos de produção não são compatíveis à expectativa do produtor.

Seja qual for a configuração de um parafuso simples, o fluxo do produto é diretamente proporcional à velocidade do parafuso, visto que a extrusora deve ser preenchida com massa para exercer a sua função. Isso implica que a taxa de fluxo da extrusora e a velocidade do alimentador estão totalmente ligadas.

A extrusora de parafuso único opera conceitualmente por fricção (entre a massa e o módulo, ou seja, a massa adere à parede do módulo). Isso gera um “fluxo de arraste” devido à rotação do parafuso dentro de um módulo estático. Cada partícula de fluido tem uma velocidade diferente de acordo com sua posição no módulo: quanto mais próximo do centro, mais rápido ele vai, o que implica em uma dispersão relativamente importante do tempo de residência de cada partícula dentro da extrusora. Nesse sentido, há alguns fatores limitantes para extrusoras de parafuso único, por exemplo, uma considerável interação de variáveis de processo, isto é, uma dependência entre taxa de alimentação e velocidade do parafuso; capacidade de mistura deficiente, geração de energia mecânica ineficiente, isto implica na necessidade de se utilizar entre dois a quatro em percentual de umidade a mais para gelatinizar o amido, que logo tem que ser retirado na secagem, implicando custo de energia nesta operação.

Visto que extrusora de parafuso único não funciona como bomba positiva, no processamento de matérias primas e/ou formulação com alto teor de lipídios deve ser monitorado, pois, pelo efeito da ação lubrificante dos ácidos graxos, o grau de cocção pode ser prejudicado. Da mesma forma pode ocorrer quando se trabalha com altos teores de umidade.

Com o tempo, o espaço entre a parte superior do parafuso e a parede do módulo aumenta, devido ao desgaste do parafuso gerado pela abrasão e corrosão da massa. Isso gera vazamento de fluxos cada vez mais importantes, com forte impacto na qualidade do produto: podendo alcançar perda de 10 a 20% da vazão ao longo da vida do parafuso.

É importante considerar que utilizando extrusoras de parafuso simples, que a interrupção intermitente do fluxo de alimentação da matéria prima, pode levar ao entupimento da matriz ou matrizes. Isto devido a que, segundo o tipo de material,

principalmente amiláceo, pode rapidamente retrogradar, passando do estado em fusão ao estado solidificação rapidamente. O resultado é que a máquina deixa de girar, e o parafuso deverá ser retirado para limpeza bem como as matrizes.

Por outro lado, uma extrusora co-rotativa (isto é, os dois eixos giram no mesmo sentido e estão juntos) de duplo parafuso funciona como uma bomba de deslocamento positivo, permitindo processar material viscoso, oleoso, pegajoso ou muito úmido com a mesma eficiência de bombeamento. Esta capacidade de bombeamento (com a eficiente mistura) permite adicionar, de forma contínua, elementos (vapor, gordura, corantes, ingredientes, etc.) nos módulos da extrusora. Uma mistura muito intensa ocorre nas áreas de co-penetração dos parafusos (macro e micro-mistura). Desta capacidade de mistura, vem seu poder de incorporar energia mecânica e um alto índice de transferência de calor. Isto permite obter um cozimento homogêneo da massa, com excelente grau de gelatinização dos amidos, desnaturação de proteínas e coesão dos lipídios. A expansão ao nível da matriz é feita de forma consistente, obtendo-se um produto com densidade, textura, forma e cor uniformes. Evidente que há necessidade de considerar que para alcançar este nível, fatores como, taxa de alimentação, tamanho de partícula e homogeneidade do material e/ou mistura formulada, grau de hidratação/pré-cocção no pré-condicionador, configuração do(s) parafuso(s), perfil de temperatura do canhão, velocidade de rotação do(s) parafuso(s), diâmetro/formato da matriz, velocidade de corte da faca deverá estar plenamente ajustados.

O QUE É CO-EXTRUSÃO DE ALIMENTOS?

A co-extrusão é um processo de extrusão usado para obter um produto que combina duas texturas: um material é extrudado e continuamente preenchido com outro para formar um único produto. Na figura 16, pode se observar que o componente da cor azul, corresponde à extrusão de um material que pode ser, por exemplo cereal expandido, na parte final da matriz, indicada com a cor vermelha corresponde a um ducto que serve para alimentar o segundo componente, que pode ser, por exemplo um uma geleia ou molho salgado. Dessa forma, um determinado expandido na forma de cilindro teria na parte central o recheio de geleia.

Exemplo de um co-extrusado

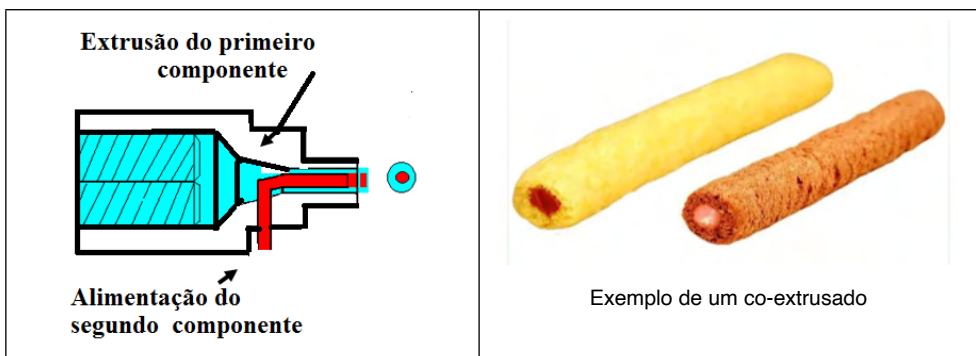



Figura 16.- Esquema de um sistema de coextrusão e o produto resultante.

Fonte: https://pt.made-in-china.com/co_saibainuochina/product_Core-Filling-Snack-Food-Processing-Line-CO-EXTRUDED-SNACK-FOOD-MACHINE-_hhyyerygu.html

O QUE É PELETIZAÇÃO?

Peletização consiste na transformação de formulações e/ou matérias primas farináceas submetidas a tratamentos térmicos (temperatura e umidade) e alta pressão em peletes (*Pellets*) utilizando uma peletizadora. Na figura 17, podem ser visualizados diferentes tipos de pellets.

Figura 17.- Diferentes tipos de peletes.

Fonte:https://www.portaldoagronegocio.com.br/agroindustria/nutricao-animal/noticias/conheca-os-fatores-que-impactam-a-durabilidade-do-pelete-e-a-eficiencia-produtiva-no-processo-de-peletizacao-de-racoes

Este processo visa em compactar os ingredientes farelados a qual é feita através de matrizes múltiplas, que na saída são cortadas segundo o tamanho requerido. Deve-se considerar que a peletização pode ser realizada utilizando equipamentos de extrusão ou de peletização. Um peletizador consiste basicamente num sistema que possui um êmbolo que tem a função de comprimir a porção farelada, previamente acondicionada com umidade correta, que com temperatura adequada consegue compactar e formatar os peletes. O uso destes dois sistemas de extrusão e/ou peletização, tem suas vantagens e desvantagens, como descrito na Tabela 2.

Independente do processo de fabricação, sabe-se que as rações balanceadas apresentam inúmeras vantagens quando comparadas às tradicionais misturas fareladas e/ou sementes, tais como: padronização e balanceamento adequado dos nutrientes,

eliminação da seleção de alimentos, maior digestibilidade e destruição parcial ou total de organismos patogênicos, segundo o método de peletização adotado.

Os processos mais utilizados na fabricação de rações são a extrusão e a peletização. Ambos os processos resultam em alimentos balanceados, mas existem diferenças consideráveis entre os produtos. O processo de extrusão é caracterizado pelo cozimento dos ingredientes sob alta pressão, umidade e temperatura, em um curto espaço de tempo. Este processo propicia maior digestibilidade do alimento, além de melhorar a palatabilidade da ração. Outra vantagem é a versatilidade em relação ao controle da textura, densidade (relacionado com o grau de expansão) e formato do alimento. Os produtos extrudados podem ser oferecidos em diversas formas e tamanhos, o que traz vantagens também em relação à atratividade. Este conjunto de fatores destaca o processo de extrusão como vantajoso, em relação aos processos mais tradicionais na fabricação de rações. Todas as rações, granuladas ou em bastões, são produzidas por extrusão, pois permite oferecer aos animais a melhor nutrição e, consequentemente, ainda mais saúde e bem-estar.

A peletização consiste na compactação de ingredientes, formando pequenas unidades chamadas pellets. Para esta transformação, umidade, pressão e temperatura também estão envolvidas, porém em menor intensidade, resultando em grau de cozimento reduzido. Este processo é utilizado na fabricação de aproximadamente dois terços das rações mundiais, devido ao baixo custo de produção e a facilidade no manejo dos equipamentos. Quando confrontada com o processo de extrusão, a peletização apresenta desvantagens em relação a digestibilidade e palatabilidade. Fonte: https://racoespassaroforte.com.br/2019/09/06/post3/

QUAIS AS VANTAGENS DE UM SISTEMA DE EXTRUSÃO E O DE PELETIZAÇÃO NA ELABORAÇÃO DE RAÇÕES?

Na tabela 5. São apresentadas as principais comparações ente os processos de extrusão e peletização na elaboração de rações.

Tabela 5. Comparação entre tecnologias de processamento de rações.

Extrusão	Peletização
Versatilidade do equipamento de extrusão - permite a produção de rações com diferentes densidades (flutuante, submersão rápida ou lenta)	O equipamento de peletização permite a produção de uma gama limitada de pellets (pellets de afundamento rápido)
Flexibilidade - muitas fórmulas podem ser extrudadas em alimentos aceitáveis para peixes, camarões, suínos, frangos, animais de estimação, etc.	As formulações são restritas a alguns tipos de alimentos (frango e suínos incluídos)
Alta digestibilidade de ingredientes crus, principalmente da fração de amido (grãos de cereais), portanto alta taxa de conversão alimentar	Melhor digestibilidade de ingredientes crus, mas não tão eficientemente quanto os extrudados, e menor taxa de conversão da ração
Teor máximo de umidade de até 55%. Pode usar ingredientes úmidos	Teor máximo de umidade de 16 a 17%
Taxa de cozimento ≥ 90%	Taxa de cozimento em torno de 50% usando vários pré-condicionadores
Risco mínimo de contaminação bacteriana devido à alta temperatura e pressão	Risco de contaminação bacteriana no produto final. A temperatura de cozimento é muito baixa para ser adequada para a destruição de fatores antinutricionais, organismos patogênicos e vírus na ração.
Pellets com alta estabilidade na água podem ser facilmente obtidas	Pellets com estabilidade de água exigem aditivos aglutinantes e boas habilidades de operador
Alta durabilidade do produto, alimenta-se com matriz interna uniforme	Os ingredientes se comprimem podendo se descompor, gerando finos. O conteúdo de nutrientes pode diferir nos pellets.
Proporções de ingredientes derivados de plantas podem ser aumentadas, enquanto farinha de peixe e outras matérias-primas caras podem ser reduzidas	É difícil aumentar a quantidade de ingredientes derivados de plantas em formulações, portanto, matérias-primas caras, como farinha de peixe, devem ser empregadas.
Alta pressão e temperatura aumentam a gelatinização do amido, gerando produtos uniformes e de alta qualidade, quase sem finos	Os alimentos são preparados em temperaturas e pressões mais baixas, de modo que os finos estão frequentemente presentes no alimento
Formulações de baixo custo	Formulações limitadas pelo projeto da máquina, exigindo farinhas de peixe caras para atender às necessidades de proteína.
A formulação pode conter níveis de gordura de até 22%	Níveis de gordura limitados a 4-5%, caso contrário a produção de pellets é impraticável

Requer moagem de matéria-prima tamanho da malha de 20	Requer uma moagem mais fina da matéria-prima, tamanho da malha de 60
Alto investimento de capital	Menor investimento de capital
Uso utilitário longo	Uso utilitário mais curto

Fonte: Arturo Melendez Arevalo, Jose Luis Ramirez Ascheri, Eliana Monteiro Soares de Oliveira, Jose de Jesus Berrios, Aquaculture feeds: a review of raw material, manufacturing process and product quality,***Journal of Food, Agriculture and Environment***, Issue 3&4, Pages 10-17. (https://www.wflpublisher.com/Abstract/5530). DOI:10.1234/4.2018.5530.

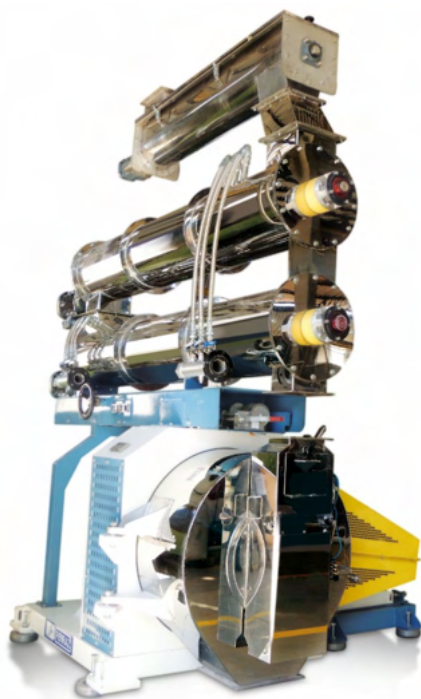



Figura 18.- Peletizadora da marca Ferraz, Ribeirão Preto, Brasil.

Fonte: http://www.ferrazmaquinas.com.br/conteudo/peletizadoras-de-racao.html

Figura 19.- Sistema de extrusão de dupla rosca da marca Ferraz®, Ribeirão Preto, Brasil.

Fonte: http://www.ferrazmaquinas.com.br/conteudo/extrusoras-dupla-rosca.html

QUAL É IMPORTÂNCIA NA GRANULOMETRIA NA PRODUÇÃO DE PELETES?

O tamanho de partícula, segundo para qual seja o uso da formulação, implica significativamente importância, principalmente na elaboração de peletes para ração animal, pois é responsável pela qualidade dos peletes em diferentes aspectos. Partículas mais finas na formulação permite-se uma maior penetração de calor e umidade nas partículas dos ingredientes, devido à uma maior área de superfície de exposição. Isto está relacionado com o princípio da difusividade da água, onde as partículas de menor tamanho tendem a absorver maior quantidade de água e mais rápido do que partículas maiores. Daí a necessidade de se considerar, na medida do possível, a homogeneidade das partículas na formulação.

No entanto, deve ser levada sempre em consideração a melhor granulometria para a espécie a que se destina a ração.

Com partículas mais grosseiras, pode resultar na produção de peletes quebradiços, pois uma partícula maior no interior ou na superfície dos peletes, pode formar uma região fragilizada, funcionando como um ponto de quebra. Além disso, há uma maior porcentagem de finos quando se trabalha com porções granulométricas maiores.

Os resultados de um adequado tamanho de partículas podem levar a: melhor aparência do produto; redução da incidência entupimento nos orifícios das matrizes; facilidade ne cocção dos ingredientes; redução dos pós finos e diminuição da quebra dos peletes; maior estabilidade na água; melhor retenção de líquidos durante recobrimento devido à estrutura celular pequena.

Em geral a partícula da mistura formulada deverá possuir cerca de 1/3 da abertura da matriz, não excedendo de 1.5 mm. Na figura 20, pode se verificar o efeito do tamanho de partícula em rações elaboradas com partículas de 800 e 1,5 micras.

Figura 20.- Peletes elaborados com formulações com tamanho de partículas de 800 μm e 1,5 μm, respectivamente.

Fonte: Curso de Extrusão *FPR&D* center and Wenger Manufacturing, Inc.

SENDO O PROCESSO DE EXTRUSÃO UM MÉTODO DE COCÇÃO, COMO PODER SER AVALIADO O GRAU DE COZIMENTO DE UMA DETERMINADA AMOSTRA?

Considerando que os principais ingredientes a serem processados possuem elevadas quantidades de amido ou misturas amido-proteína-lipídios, algumas formas de se determinar a mudanças ocorridas são:

Índices de absorção e solubilidade em água.- Partindo do princípio de que o amido nativo é insolúvel em água, e sua contribuição para a viscosidade é praticamente zero. Entretanto, o amido extrudado absorve água rapidamente, formando uma pasta à temperatura ambiente, sem qualquer aquecimento. Esta pasta é formada pelas macromoléculas solubilizadas e também incluem partículas entumecidas por água (gel). Essas propriedades são fortemente influenciadas pelo tamanho de partícula: quanto menores as partículas, maiores serão a velocidade e o grau de solubilização. O Índice de Absorção de Água (IAA) é o peso do gel obtido por grama de amostra seca, e é geralmente determinado pelo método de Anderson et al. (1969). O valor do IAA correlaciona bem com a viscosidade da pasta a frio, porque apenas os grânulos de amido danificados absorvem água e incham à temperatura ambiente, resultando no aumento da viscosidade. Após atingir um máximo, com relação ao grau de amido danificado, o IAA diminui com o início da dextrinização.

Por outro lado, o Índice de Solubilidade em Água (ISA) expressa a porcentagem da matéria seca recuperada após evaporação do sobrenadante da determinação de absorção de água (ANDERSON et al., 1969). O ISA está relacionado com a quantidade de moléculas solúveis na amostra seca e mede a dextrinização. A solubilidade em água do amido está também relacionada com a expansão e segue as mesmas variações com as condições de extrusão. A característica de “grudento” de alguns produtos extrudados de amido está relacionada com a sua alta solubilidade. Este problema pode ser reduzido complexando-se a amilose solúvel com ácidos graxos ou monoglicerídeos, os quais atuam simultaneamente no retardamento da retrogradação do material extrudado.

Método da viscosidade de pasta.- O comportamento da pasta dos produtos à base de amido é geralmente caracterizado pelas medidas de consistência e viscosidade. A consistência pode ser medida usando-se, por exemplo, o consistômetro de Botwick, que mede o comprimento do fluxo de uma suspensão hidratada sobre um plano horizontal. Porém, na atualidade o método mais comum está relacionado com o uso do Rapid Visco Analyzer (RVA), ou analisador rápido de viscosidade, cujas vantagens na determinação da consistência são significativas, tanto em relação ao menor tempo da análise (aproximadamente 10-14 min.) quanto à pequena quantidade de amostra (1-3 g) necessária (WALKER et al., 1988).

O comportamento dos amidos extrudados durante o aquecimento, em excesso de água, como pode ser observado com o Rapid Visco-Analyser (RVA), é caracterizado pela ausência de um pico de gelatinização durante o aquecimento, pela alta viscosidade a frio (antes do aquecimento), pelo declínio contínuo da viscosidade de 50 a 96ºC, e pelo forte decréscimo da viscosidade no intervalo de 90-96ºC com um ponto de inflexão (Figura 21). A viscosidade da pasta a frio depende principalmente do grau de gelatinização dos grânulos de amido e da extensão de sua quebra molecular durante o processo de extrusão. A viscosidade da pasta a frio se refere à viscosidade da suspensão amido-água à temperatura ambiente, sem necessidade de aquecimento. Foi observado que a viscosidade inicial a frio aumentou até atingir um valor máximo, e então decresceu com o aumento da severidade da extrusão.

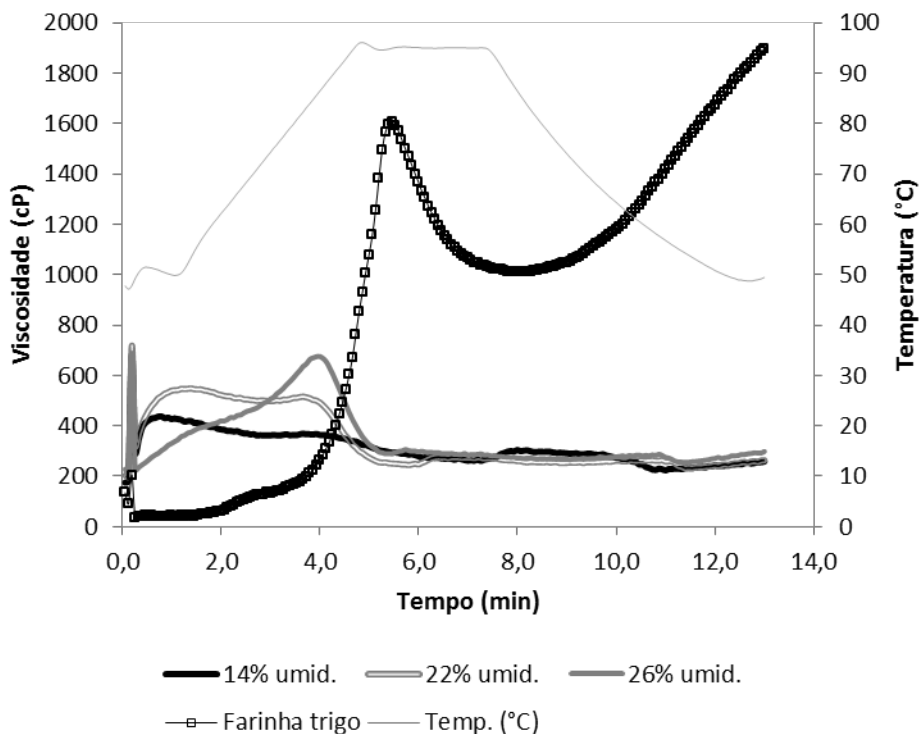



Figura 21. Influência das condições de extrusão nos viscoamilogramas de farinha de trigo e extrudados de farinha de trigo a 14, 22 e 26% de umidade na mesma condição de processamento (velocidade de rotação dos parafusos a 300 rpm, vazão de alimentação de sólidos a 11 kg/h e temperatura da última zona de aquecimento a 170°C). Fonte: Carvalho (2001).

Método por calorimetria exploratória diferencial –DSC.- O que é DSC? A técnica difundida como DSC (Differential Scanning Calorimetry), em português Calorimetria

Exploratório Diferencial, pode ser definida como uma técnica que mede as temperaturas e o fluxo de calor associado com as transições dos materiais em função da temperatura e do tempo. Tais medidas fornecem informações qualitativas e quantitativas sobre mudanças físicas e químicas que envolvem processos endotérmicos (absorção de calor), exotérmicos (liberação de calor) ou mudanças de capacidade calorífica. O método de ensaio consiste em aquecer ou arrefecer uma amostra a uma taxa controlada, sob ação de um gás de purga especifico com fluxo controlado, e monitoramento contínuo com dispositivo de detecção adequado para observar a diferença de entrada de calor entre o material de referência e um material de ensaio.

Para que serve?

Se trata de uma das técnicas mais importantes, utilizadas e difundidas para caracterização e identificação de polímeros. Numa análise de DSC podem ser obtidas propriedades como descrito na Tabela 6.

Tabela 6. Propriedades que podem ser determinadas no calorímetro

Temperatura de transição vítrea (Tg)	Calor de fusão e de reação
Temperatura de fusão (Tm)	Capacidade calorífica (Cp)
Temperatura de ebulição (Te)	Estabilidade térmica e oxidativa
Temperatura (Tk) e tempo de cristalização	Grau de reticulação
Grau de cristalinidade	Cinética de reações

Fonte: https://afinkopolimeros.com.br/dsc-o-que-e-e-para-que-serve/

A técnica de DSC também pode ser utilizada para detecção de tensões congeladas em peças acabadas, contaminação e ou mistura de material, tempo de oxidação (OIT e OOT), algumas quantificações para mistura de materiais, etc.

Alguns fatores podem interferir diretamente no resultado final da análise são: taxa de aquecimento e resfriamento, gás utilizado, tipo de porta amostra, massa e forma da amostra, etc.

Uma curva típica de DSC pode ser observada na Figura 22.

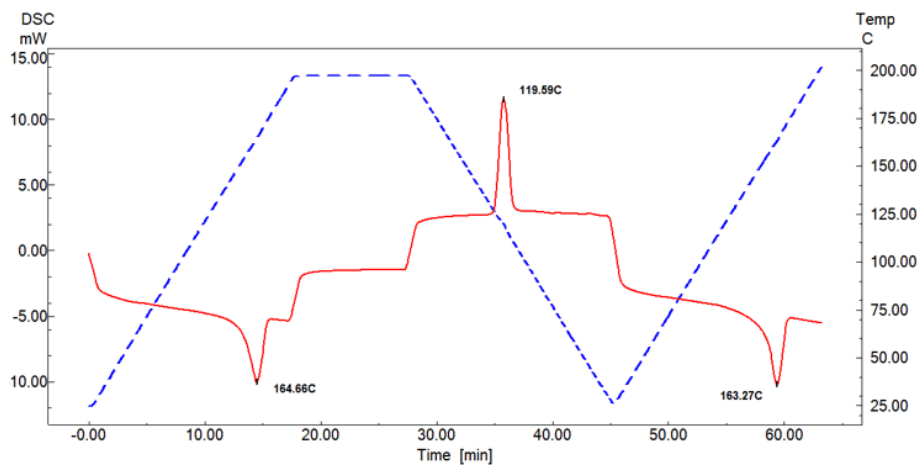



Figura 22. Gráfico de uma análise DSC

Fonte: https://afinkopolimeros.com.br/dsc-o-que-e-e-para-que-serve/

SENDO O PROCESSO DE EXTRUSÃO UM TRATAMENTO TÉRMICO, HÁ PERDA DE NUTRIENTES E/OU MICRONUTRIENTES?

Sim, no caso dos aminoácidos poderá haver uma perda de cerca de 30%. Por isso para complementar, no caso da elaboração e rações, por exemplo, as indústrias utilizam aminoácidos sintéticos, como lisina, metionina, triptofano, entre outros. No caso da vitamina C, está é termolável, deverá ser adicionada, preferencialmente, depois do processo evitando desta forma a perda desse importante ingrediente. No caso de outras vitaminas e pigmentos, a perda dependerá da matéria prima formulada, da temperatura do processo, da umidade utilizada, e dos tempos de retenção, tanto no pré-condicionador como no sistema de extrusão, esta perda pode alcançar em média entre 10 e 15%. Isto implica que deverá existir um equacionamento entre tempos de retenção e grau de mistura e homogeneização e os parâmetros de extrusão, principalmente teor de umidade e temperatura de cocção, de tal forma que a sua otimização tenha como resultado peletes com qualidade não só do ponto de vista físico e de aparência (textura, densidade, peletes quebradiços, ou que esfarelam, etc.) más também com os requerimentos nutricionais preservados.

QUAL É EFEITO DO PROCESSO DE EXTRUSÃO CARGA MICROBIANA?

Em termos gerais a extrusão diminui significativamente a presença de microrganismos patogênicos. Na tabela 7 são mostrados os principais microrganismos contabilizados nas amostras de uma determinada formulação antes e depois do processo de extrusão. Isto estará relacionado com o perfil de temperatura adotadas no processo, número zonas do sistema, tempo de residência no barril, formulação, entre outros.

Tabela 7. Efeito da extrusão na população de microrganismos na matéria prima formulada.

Tipo de microrganismo	Formulação antes do processo de extrusão	Formulação após processo de extrusão
TPC (CFU/g)	240.00	9,300
Coliformes totais	22.600	<10
Contagem fungos e leveduras	54.540	<10
Clostridium botulinum	16.000	<10
Listeria sp	positivo	negativo
Salmonella sp	negativo	negativo

Fonte: Curso de Extrusão *FPR&D* center and Wenger Manufacturing, Inc.

QUAIS SÃO AS CONSIDERAÇÕES NA UTILIZAÇÃO DE COPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS NO PROCESSAMENTO POR EXTRUSÃO?

Dentre os fatores principais há que considerar:

(a) preparação da matéria prima, isto implica, caso a condição original seja de alto teor de umidade, deverá ser desidratada, acondicionada às condições requeridas para formulação, por exemplo moagem/peneiragem segundo produto final requerido, adequando o tamanho de partículas, mantendo boas práticas de processamento/ fabricação, regidas pelas normas sanitárias vigentes, isto é, grau alimentício.

(b) Nas condições expressas no item (a) implica necessariamente custos nas operações (energia para secagem, moagem, peneiragem, etc.) que poderá também refletir na permanência dos componentes nutricionais que supostamente faz valer a pena o processamento desse coproduto.

(c) A disponibilidade de material de forma a considerar escalas de produção deverá ser considerado, exemplos, casca de laranja coproduto de indústrias de suco concentrado de laranja, uva, caju, farelos de arroz, algodão, trigo etc.

(d) um outro aspecto importante refere-se à extrudabilidade do material resultante de coprodutos, isto é, nem todo produto é fatível de colocar na extrusora e ter um produto resultante satisfatório. Caso típico é tentar extrudar casca de arroz, material de alto conteúdo de sílica e material celulósico.

O QUE É A EXTRUSÃO REATIVA?

O processo de extrusão reativa utiliza uma extrusora como reator contínuo (principalmente uma extrusora dupla rosca corotativa), com capacidades excepcionais de mistura a nível molecular. Esse design do extrusora-reator é idealmente adaptado de forma a provocar reações químicas com viscosidade média (viscosidade >100 Pa.s e/ou viscosidade variável), com adequado controle de parâmetros como temperatura e tempo. Utilizando uma extrusora dupla rosca, como reator, as reações podem ocorrem tanto na fase homogênea como na fase heterogênea.

a. Reações na fase homogênea, polimerização a granel que podem incluir modificações químicas dos polímeros: enxerto, reticulação, funcionalização, despolimerização etc. Reações da fase líquida na química orgânica clássica.

b. Reações na fase heterogênea, sistemas de duas fases aquosas, incluindo processamento de caseína em caseinato, saponificação (aumento da viscosidade de acordo com a taxa de conversão)

c. Sistemas de líquido-sólido de duas fases, incluindo digestão alcalina de lignocelulósicos, branqueamento de celulose e separação sólido-líquida etc.

d. Reações enzimáticas - Hidrólise de biopolímeros (amido e proteínas)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sem dúvida, a tecnologia de extrusão pode ser utilizada por empreendedores de pequenas, medias e grandes empresas. Basta adequar-se às diferentes alternativas disponíveis no mercado de fabricantes de extrusoras. A escolha do equipamento certo é muito importante para o empreendedor, pois dependerá disto os seus resultados de retorno econômico com os produtos previstos a serem fabricados. Este tratado tem se limitado apenas do aspecto relacionado à extrusão, más há processos tecnológicos bem estabelecidos pré e pós extrusão, que não foram abordados neste livro. Pré extrusão, que envolve tudo o relacionado à preparação da matéria prima a ser processada. Uma das principais atividades está relacionado ao setor de moagem. A escolha destes equipamentos deve ser criteriosa segundo das necessidades para se conseguir bons resultados durante a extrusão. Os equipamentos pós extrusão, são aqueles relacionados à finalização do produto extrudado segundo seja a área alimentos para consumo humano ou ração animal, por exemplo a secagem, recobrimentos com óleo, ou temperos, ou adição de fortificantes, etc. além de sistemas de embalagem.

REFERÊNCIAS

AREVALO, ARTURO MELENDEZ; ASCHERI, JOSÉ LUIS RAMÍREZ; OLIVEIRA, E. M. S.; BERRIOS, J. J. Aquaculture feeds: a review of raw material, manufacturing process and product quality. INTERNATIONAL JOURNAL OF FOOD, AGRICULTURE AND ENVIRONMENT (ONLINE). , v.16, p.10 - 17, 2018.

ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, Carlos Wanderlei Piler de; SPEHAR, Carlos Roberto Extrusao do Amaranto no desenvolvimento de produtos: Caracterização Física-Química.. Rio de Janeiro: Embrapa, 2004, v.1. p.31.

ASCHERI, J. L. R.; COLQUE, R. J. B.; BORSOI, L. M.; ASCHERI, D. P. R.; ARÉVALO, A.M.; SILVA, E. M. M. da Extrusion Cooking using Fruits Peels, Whole Cereals and Grains. Global Journal of Nutrition & Food Science. , v.1, p.1 - 5, 2019.

ASCHERI, J. L. R.; COLQUE, R. J. B.; SOUSA, L. B. T.; ASCHERI, D. P. R.; SILVA, E. M. M. da How does Extrusion Technology Help the Development of Foods with Better Nutritional Value?. Global Journal of Nutrition & Food Science, v.1, p.1 - 2, 2019.

ASCHERI, JOSÉ LUÍS RAMÍREZ; CARVALHO, C. W. P. Tecnologia de extrusão: uma ferramenta para o desenvolvimento de produtos In: Tendências e Inovações em Ciência, Tecnologia e Engenharia de Alimentos.1 ed. São Paulo: Atheneu, 2014, v.1, p. 123-146.

BERRIOS, J. J.; ASCHERI, J. L. R.; LOSSO, J. N. Extrusion Processing of Dry Beans and Pulses In: Dry Beans and Pulses.1 ed. Arnes: Iowa State University Press, 2013, v.1, p. 185-203.

BRENNAN, J.G. (2006) Food processing handbook. Wiley VCH, Germany, 215-220.

GANJYAL, GIRISH M. EXTRUSION COOKING. Cereal Grains Processing. 2d. Ed. Woodhead Publising – Elsevier, Duxford, United Kindong, 2020.

GERMANI, Rogério; ASCHERI, J. L. R.; SILVA, F. T.; TORREZAN, R.; SILVA, K. L. E.; GORGATTI NETO, A.; NUTTI, M. R. Manual de fortificação de farinha de trigo com ferro. Rio de Janeiro: SENAI.RJ, 2001, v.1. p.54.

MARQUES, G. DE A.; MAGALHÃES, C.S.; ASCHERI, JOSÉ LUIS RAMÍREZ; SILVA, E. M. M. da. O Efeito do Processamento por Extrusão Termoplástica na Qualidade Nutricional dos Alimentos: Uma Revisão. Journal of Applied Pharmaceutical Sciences. , v.5, p.45 - 56, 2018.

MOURA, L.S. DE M.; ASCHERI, J. L. R. EFEITOS DAS VARIÁVEIS DE EXTRUSÃO SOBRE PROPRIEDADES DE PASTA DE FARINHAS MISTAS PRÉ-GELATINIZADAS DE ARROZ (ORYZA SATIVAE, L.), FEIJÃO (PHASEOLUS VULGARIS L.) E MILHO (ZEA MAYS L.)*. Alimentos e Nutrição (Online), v.24, p.1 - 7, 2013.

ONWULATA, C.I.; A.E. THOMAS; P.H. COOKE; J.G. PHILLIPS; CARVALHO, C. W. P.; ASCHERI, J. L. R.; P.M. TOMASULA. Glycemic potential of extruded barley, cassava, corn, and quinoa enriched with whey proteins and cashew pulp. International Journal of Food Properties, v.13, p.338 - 359, 2010.

ROMERO RODRÍGUEZ, JOSÉ ARTURO; ASCHERI, JOSÉ LUIS RAMÍREZ; DA SILVA LOPES, ARTUR JORGE; VARGAS-SOLÓRZANO, JHONY WILLIAN; PACHECO, SIDNEY; DE JESUS, MONALISA SANTANA COELHO. Physical Characterization of Maize Grits Expanded Snacks and Changes in the Carotenoid Profile. PLANT FOODS FOR HUMAN NUTRITION. v.75, p.1 - 10, 2021.

SANTOS, D. M.; ASCHERI, D. P. R.; BUKZEM, A. L.; ASCHERI, J. L. R. PREPARATION PREGELATIZED FLOUR BY THERMOPLASTIC EXTRUSION-BASED BAGASSE BARLEY AND CORN GRITS. Revista de Agrotecnologia. , v.7, p.27 - 39, 2016.

SILVA, E. M. M. da; ASCHERI, JOSÉ LUÍS RAMÍREZ; CARVALHO, C. W. P.; TAKEITI, C. Y.; BERRIOS, J. J. Physical characteristics of extrudates from corn flour and dehulled carioca bean flour blend. Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie / Food Science + Technology, p.620 - 626, 2014.

VARGAS-SOLÓRZANO, JHONY WILLIAN; DE CARVALHO, CARLOS WANDERLEI PILER; TAKEITI, CRISTINA YOSHIE; ASCHERI, JOSÉ LUÍS RAMÍREZ; QUEIROZ, VALÉRIA APARECIDA VIEIRA. Physicochemical properties of expanded extrudates from colored sorghum genotypes. Food Research International. , v.55, p.37 - 44, 2013.

WALKER CE, ROSS AS, WRIGLEY CW, MCMASTER GJ Accelerated characterization of starch paste viscosity and setback with the Rapid-Visco-Analyzer. Cereal Foods World 33:491–494. (1988)

SOBRE O AUTOR

Eu, **JOSÉ LUIS RAMÍREZ ASCHERI,** nasci em Tingo Maria, Peru, uma região conhecida como porta da Amazônia peruana. Lá realizei estúdios desde os primeiros anos até me graduar, em 1981, como Engº. de Alimentos, na ***Universidade Nacional Agrária da Selva***, na mesma cidade. O meu primeiro emprego, foi como docente contratado, na mesma universidade, uma experiência interessante para um recém-formado. Já em Lima, Peru consegui um emprego como assistente de pesquisa na empresa ***Maltería Lima***, onde fiquei atuando na realização de análises químicas das amostras de malte utilizadas nas fábricas de cerveja da capital peruana, foi curto meu período lá, pois logo fui chamado e contratado como Chefe de Planta de uma fábrica de refrigerantes, na época ***Bebidas La Loretana,*** em Pucallpa, Peru. Passados dois anos exercendo essa atividade, como desafio pessoal, decidi viajar ao Brasil com a finalidade de realizar o mestrado acadêmico na Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA) da **Universidade Estadual de Campinas** (UNICAMP), obtendo o grau de Mestre em Tecnologia de Alimentos em 1987. Enquanto da minha permanência na, FEA, ainda como estudante de mestrado, fui contratado com Técnico de Nível superior pela FEA, cargo que exerci por cerca de dois anos. Ao mesmo tempo que exercia o cargo continue meus estudos matriculando-me para o curso de doutorado na FEA-UNICAMP. No final de 1989 houve concurso público para pesquisador na EMBRAPA, na área de Tecnologia de Cereais, a qual participei e fui incorporado como tal em março de 1990 após meu desligamento como funcionário da UNICAMP. Já na Embrapa Agroindústria de Alimentos (CTAA), com fins da realização da minha Tese de doutorado viajei a EUA, com bolsa de Embrapa, como pesquisador visitante à ***Texas A&M University, no Food Protrein R&D Center***, que transcorridos 18 meses consegui terminar a parte experimental da minha Tese, que logo da redação defendi na FEA em 1994, para obtenção do Título de doutor em Tecnologia de Alimentos. Ao me incorporar às atividades de pesquisa no CTAA, me juntei ao grupo de pesquisadores da área de Tecnologia de Cereais, na qual atuo até o momento, que em 2021 já se passaram 31 anos de intenso trabalho em equipe com grandes resultados. Paralelamente, em consequência de convênio existente entre EMBRAPA e o Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA) da **Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro** (UFRRJ), tenho atuado como professor permanente nesse programa desde 1995 até a atualidade, onde tenho contribuído como professor permanente orientador/supervisor, até agora, de alunos, com 25 Dissertações na obtenção de título de mestre e 16 Teses para obtenção do título de doutor outorgados pela UFRRJ. Por outro lado, com fins de apoiar um novo programa de pós-graduação, fui convidado a participar como docente permanente ao ***Programa de Pós-graduação em Nutrição e Saúde (PPGNS) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).*** Como resultado das pesquisas no CTAA e orientações na pós-graduação tenho publicado como autor e co-autor cerca de 180 publicações em periódicos técnico-científicos nacionais e internacionais, bem como participações em congresso relacionadas à Tecnologia de alimentos/Cereais. Maiores informações dos resultados acadêmicos podem ser visualizadas no Curriculum Lattes, http://lattes.cnpq.br/1891994321882753, ou no Google Acadêmico, como José Ascheri.

PERGUNTAS E RESPOSTAS SOBRE EXTRUSÃO TERMOPLÁSTICA DE ALIMENTOS

UMA ABORDAGEM SIMPLIFICADA

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Ano 2022

PERGUNTAS E RESPOSTAS

SOBRE

EXTRUSÃO TERMOPLÁSTICA DE ALIMENTOS

UMA ABORDAGEM SIMPLIFICADA

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Ano 2022